

# モデル化とシミュレーションに基づいて 問題解決力を育成する指導法の検討

ー宇宙ロケットやロボットによるエネルギー変換を題材としてー

山口 敏和\*

## 要 約

中教審では「情報の科学的な理解に裏打ちされた情報活用能力を身に付けることが重要」とされ、「情報活用能力」には「問題の発見・解決に活用するための科学的な考え方」が重要だと議論されている。しかし現行の共通教科「情報」には情報技術の習得に重点を置いた指導に多くの時間が割かれているという問題点があり、特に「モデル化とシミュレーション」の考え方を活用して科学的思考力に基づいた問題解決力を育成する指導法はまだ存在しない。専門教員が不足し他教科教員が兼任している現状を鑑み、どのようなバックグラウンドを持つ教員でも実践可能な新しい指導法を開発することが求められている。この指導法として本論文では、著者がこれまで研究してきた「宇宙工学」や「エネルギー変換」、「ロボット」と言った学習者が関心を持ちやすい最先端技術をモデル化とシミュレーションの題材とすることを検討した。

**キーワード:** 情報教育, 問題解決力, 科学的思考力, モデル化, シミュレーション

## 1. はじめに

### 1.1 教科「情報」における教育の現状

「生きる力」としての問題解決力を育成するため、教科「情報」は、「情報と情報技術を問題の発見と解決に効果的に活用するための科学的な考え方を習得させ、情報社会の発展に主体的に寄与する能力と態度を育てる」ことを目標としている。そのため1999年に告示された普通教科「情報」においても、その後、2009年に改定された現行の共通教科「情報」においても、「モデル化とシミュレーションの考え方の問題解決への活用」が指導の重要事項とされた。

また、次期学習指導要領改訂については、「高度な情報技術の進展に伴い、文理の別や卒業後の

進路を問わず、情報の科学的な理解に裏打ちされた情報活用能力を身に付けることが重要」だということが中央教育審議会（以下、中教審）で議論されている<sup>(1)</sup>。図1に、中教審で検討された情報科目の今後の在り方の素案を示す。ここで言われる「情報活用能力」には「問題の発見・解決に活用するための科学的な考え方」が含まれ、新しい学習指導要領における新科目のイメージとして「情報と情報技術を問題の発見と解決に活用するための科学的な考え方等を育成する」ことが重要視されていると考えられる。そのため、「モデル化とシミュレーションの考え方の問題解決への活用」が今回も重要事項とされることが予測される。

### 1.2 「情報」教育の課題

これまで、教科「情報」の学習指導内容の見直しの際に常に問題とされてきたことは、情報機器等の操作方法等、情報技術の習得に重点を置いた指導に多くの時間が割かれているという点であっ

2015年11月30日受付

\* 江戸川大学 情報文化学科専任講師 情報教育・宇宙工学

た。また、情報モラル等についても指導が不十分と指摘されているが、最も指導が不十分とされているのが「モデル化とシミュレーション」についてである。

また別の側面からの課題も指摘されている。共通教科「情報」を担当する教員の多くが情報を専門としておらず、他の教科と兼任しているという現状がある。しかし、どのような環境においても生徒に科学的思考力を基にした問題解決力を身に付けさせる必要があり、この課題を克服する必要がある。

Bruer<sup>(2)</sup>は、教育においてさまざまな問題解決に転移可能な指導を実現するためには、メタ認知技能を直接的に指導するよりも見方・考え方の活用を指導する方が、わかりやすく効果的であると指摘している。これらのことから、情報的な見方・考え方、科学的な見方・考え方を活用した問題解決力を育成する指導法の開発は喫緊の課題といえる。

### 1.3 本論文の目的

このように、中教審では「情報の科学的な理解

に裏打ちされた情報活用能力を身に付けることが重要」とされ、「情報活用能力」には「問題の発見・解決に活用するための科学的な考え方」が重要だと議論されている。しかし現行の共通教科「情報」には情報技術の習得に重点を置いた指導に多くの時間が割かれているという問題点があり、特に「モデル化とシミュレーション」の考え方を活用して科学的思考力に基づいた問題解決力を育成する指導法はまだ存在しない。専門教員が不足し他教科教員が兼任している現状を鑑み、どのようなバックグラウンドを持つ教員でも実践可能な新しい指導法を開発することが求められている。この指導法を検討することが本論文の目的である。

著者はこれまで航空宇宙工学に関する研究に携わり、大小様々な規模の実験から数値シミュレーションまで多様な手法により科学的思考力を培ってきた。例えば、従来の化学燃焼システムの延長線上では達成し得ない低コスト・低環境負荷のロケットエンジン開発という課題に対して、従来の研究分野の枠組みを越え電磁波から流体へのエネルギー変換に着目し打開した。この考え方は、本研究が育成を目指す問題解決力と共通する。著者

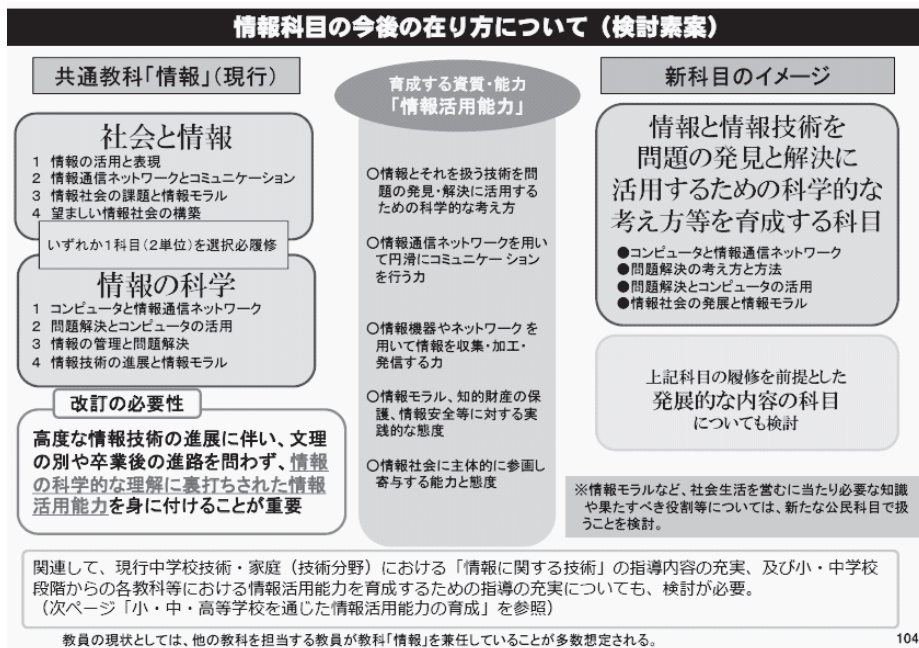


図1 中教審が検討した情報科目の今後の在り方<sup>(1)</sup>

は本年度より情報教育および情報科の教員養成を  
実践する研究機関に着任し、高校生・大学生の情報  
活用能力と科学的思考力を育成することが重要な  
任務となった。また世の中では、宇宙を目指し  
て開発された多くの技術が民生物に転用され始め  
て身近なものとなりつつある。そこで、宇宙ロケ  
ットやロボットにおけるエネルギー変換をモデル  
化やシミュレーションの題材として学習者の問題  
解決力を育成する指導法を開発することを着想  
し、本研究を始めるに至った。

## 2. 指導法の検討

本研究では、情報処理技術を専門として教材開  
発するという従来の出発点から離れ、科学的思考  
力に基づいた問題解決力を育成するために、その  
教材として他の分野の学習内容に視野を広げ、そ  
れをいかに情報教育に活用するかという点が肝と  
なる。

### 2.1 指導法開発までの段階的な取り組み

まず指導法開発までの取り組みを以下の6段階  
に分けて考える。

(1) 問題解決のために科学的思考に基づいた情報  
活用能力を養うための指導法を開発するため  
に、エネルギー変換を題材として、情動的なも  
のの見方・考え方と科学的なもの見方・考え  
方を組み合わせた指導法を検討する。特にその  
ために、提示内容・提示方法、指導手順を検討  
し授業設計・教材開発を行い手法化する。

生徒が問題解決力を必要とする場面は、生徒  
が主体的に活動している場面と典型的に生じ  
るため、学習者中心の学習活動を行うことが想  
定される場面を抽出して実施する。

(2) 指導効果検証のため、情動的な見方・考え方  
と科学的な見方・考え方を統合した問題解決力  
を評価する尺度を作成する。そのために広範囲  
の調査を行う。

(3) (1), (2)で開発された指導法と評価尺度を基  
に、実践し、効果を検証する。

(4) (2), (3)の調査・実践と同時に、新たな指導  
法を確立するために、問題解決のための科学的  
思考力と情報活用能力に関する判断テストを作  
成し、評価尺度・テスト・教材の標準化を図る。  
また、評価尺度やテストの結果から学習者の類  
型化を図り、類型に対応した演習課題の内容、  
学習順序、フィードバック方法について検討す  
る。

(5) (1)～(4)を基に、問題解決のために科学的思  
考に基づいた情報活用能力を育成するための学  
習支援システムの開発および実践を行い、学習  
者の履歴に基づいて、教材の構成方法をモデル  
化する。

(6) 授業実践を行い評価・改善を図る。加えて、  
e-learning 教材として公開し広く普及を図る。

### 2.2 モデル化とシミュレーション

情報教育において科学的思考力を養うために物  
理的側面との学際を図る。著者がこれまで研究し  
てきた「宇宙工学」や「エネルギー変換」、「ロボ  
ット」と言った学習者が関心を持ちやすい最先端  
技術をモデル化とシミュレーションの題材とす  
る。図2に指導法の概要図を示す。共通教科「情  
報」においてモデル化とシミュレーションを効果  
的に学び問題解決する力を身につけることは、  
ICTにより劇的に変動する社会が要請する「自  
ら課題を見つけ自ら解決策を考える力を持った人  
材」を育成することにつながる。さらに、ビッグ  
データやIoT、環境問題といった社会で求められ  
る問題解決力への応用が可能となる。情動的な見  
方・考え方、科学的な見方・考え方を活用して問  
題解決力を育成する指導法はこれまで開発されて  
いない。

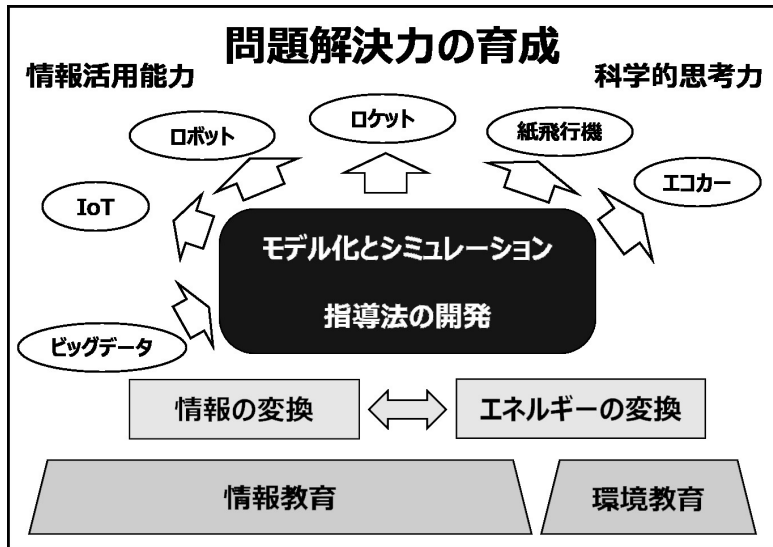


図2 モデル化とシミュレーションに基づき問題解決力を育成する指導法の概念図

### 3. 指導法の開発計画

本研究で検討する指導法開発の道のりを図3に示す。

まず、以下(1)、(2)に示す通り、問題解決のために科学的思考に基づいた情報活用能力を養うための指導法を検討し、シミュレーション教材を試作する。また、問題解決力の評価尺度を作成し、調査を行う。

次に、(3)～(6)に示す通り、検討した指導法に基づき、試作したシミュレーション教材を用いた実践授業を行う。教材と指導法を改善するためにフィードバックを行う。さらに、成果をe-learning教材化し、ログに基づいて効果検証と指導法の改善を図る仕組みを検討する。

#### (1) 指導法の検討、シミュレーション教材の試作

宇宙ロケットやエネルギー変換を題材として、情報的なものの見方・考え方と科学的なものの見方・考え方を組み合わせた指導法を検討する。物理現象のモデル化とプログラミングの基礎を科学的思考により学ぶためのシミュレーション教材を試作する。この教材での学習を補助するためにロケットやロボットの簡単な実験キットを作成し、

学習者が設定したモデル化が適切か、そのモデルに基づいたプログラミングが正しく入力できているかを実験的に確認する。このように、提示内容・提示方法、指導手順を考慮した授業設計・教材開発の手法化に取り組む。

教材開発に先立って、高等学校の生徒と、「情報」担当教員を対象にアンケート調査を行う。生徒に対しては、情報的な見方・考え方、科学的な見方・考え方をこれまでの学校教育の中でどのように修得しているかの実態を明らかにする。教科「情報」担当教員については、宇宙ロケットやエネルギー変換を題材にモデル化とシミュレーションを指導する上での提示内容、提示順序等についての考えを調査する。

#### (2) 問題解決力の評価尺度の作成

指導効果を検証するため、情報的な見方・考え方と科学的な見方・考え方を統合した問題解決力を評価する尺度を作成する。

具体的には、情報的な見方・考え方、科学的な見方・考え方については松田<sup>(3)</sup>を参考に項目案を作成し、上記(1)で実施した生徒の実態を基に尺度化する。大学や高等学校での実践授業を通して、尺度の妥当性を検証する。



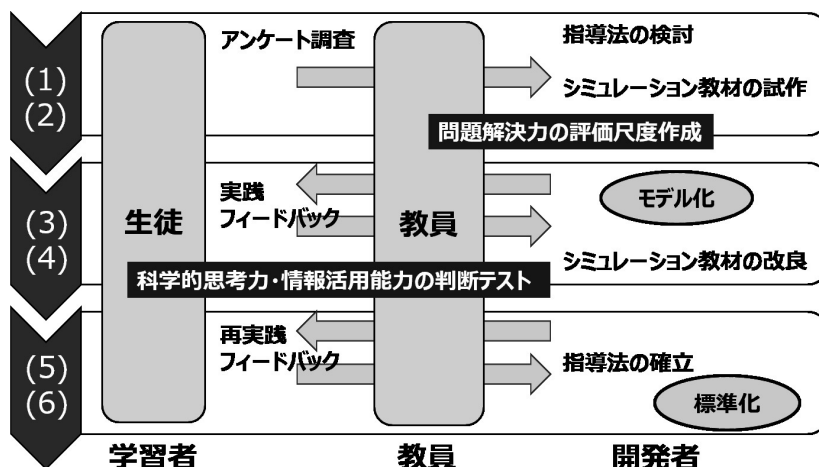


図3 指導法開発の道のり

### (3) 指導法の実践と効果の検証

(1), (2)で開発した指導法を基に協力校での実践授業を行う。作成した評価尺度により指導の前後に調査を行い、指導法および評価尺度を評価・改善する。

### (4) 判断テストの作成, 教材の標準化, 学習者の類型化

(2), (3)の調査・実践と同時に、新たな指導法を確立するために問題解決のための科学的思考力と情報活用能力に関する判断テストを作成し、評価尺度・テスト・教材の標準化を図る。また、評価尺度やテストの結果から学習者の類型化を図り、類型に対応した演習課題の内容、学習順序、フィードバック方法について検討する。

### (5) 学習者の履歴に基づいた教材構成方法のモデル化

本研究で開発した「問題解決のための科学的思考に基づいた情報活用能力を育成するための指導法」を実現するための学習支援システムを開発する。全国の協力校に実践を委託し、学習者の履歴を蓄積する。そして履歴に基づいて教材の構成方法をモデル化し、学習者に適応した指導を行う。

### (6) 指導法確立, 成果発表, e-learning 教材公開

これまでの研究を基に指導法を確立し、学会発表、論文投稿を行う。さらに社会に還元するためにホームページを作成して情報発信し、e-learning教材として公開し広く普及を図る。

## 4. まとめ

中教審では「情報の科学的な理解に裏打ちされた情報活用能力を身に付けることが重要」とされ、「情報活用能力」には「問題の発見・解決に活用するための科学的な考え方」が重要だと議論されている。しかし現行の共通教科「情報」には情報技術の習得に重点を置いた指導に多くの時間が割かれているという問題点があり、特に「モデル化とシミュレーション」の考え方を活用して科学的思考力に基づいた問題解決力を育成する指導法はまだ存在しない。専門教員が不足し他教科教員が兼任している現状を鑑み、どのようなバックグラウンドを持つ教員でも実践可能な新しい指導法を開発することが求められている。

この指導法として本論文では、著者がこれまで研究してきた「宇宙工学」や「エネルギー変換」、「ロボット」と言った学習者が関心を持ちやすい最先端技術をモデル化とシミュレーションの題材とすることを検討した。

## 参考文献

- (1) 中央教育審議会 初等中等教育分科会 教育課程部会 教育課程企画特別部会（第7期）第8回 資料2 「高等学校等における教科・科目の現状・課題と今後の在り方について（検討素案）」2015年5月
- (2) Bruer, J.T., Schools for Thought: A Science of Learning in the Classroom, The MIT Press (1993)
- (3) 松田稔樹, 「普通教科「情報」で指導すべき「情報的な見方・考え方」」, 東京都高等学校情報教育研究会, p.44-47 (2003)